

# **Défis d'Intégration des énergies renouvelables dans le réseau**

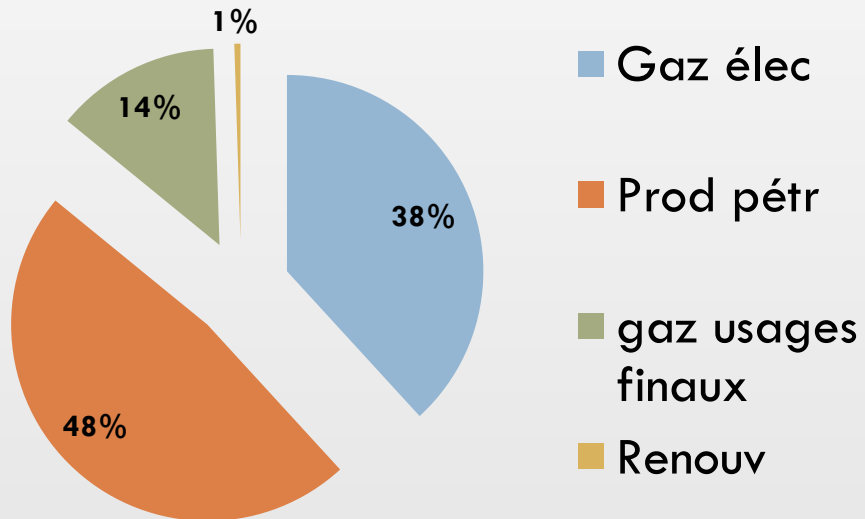
**Journée Tuniso-Allemande de l'énergie  
29.11.2017**

**Hamdi Khadhraoui**

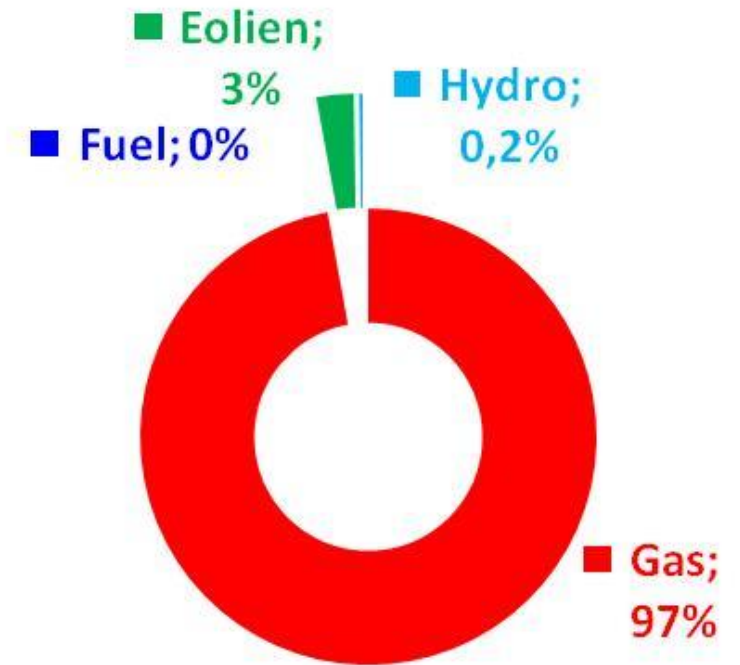
---

- 1- Contexte d'intégration-Transformation du système électrique
- 2- Défis d'intégration des énergies renouvelables
- 3- Défis pour la Tunisie- Contexte nationale

## MIX ÉNERGÉTIQUE

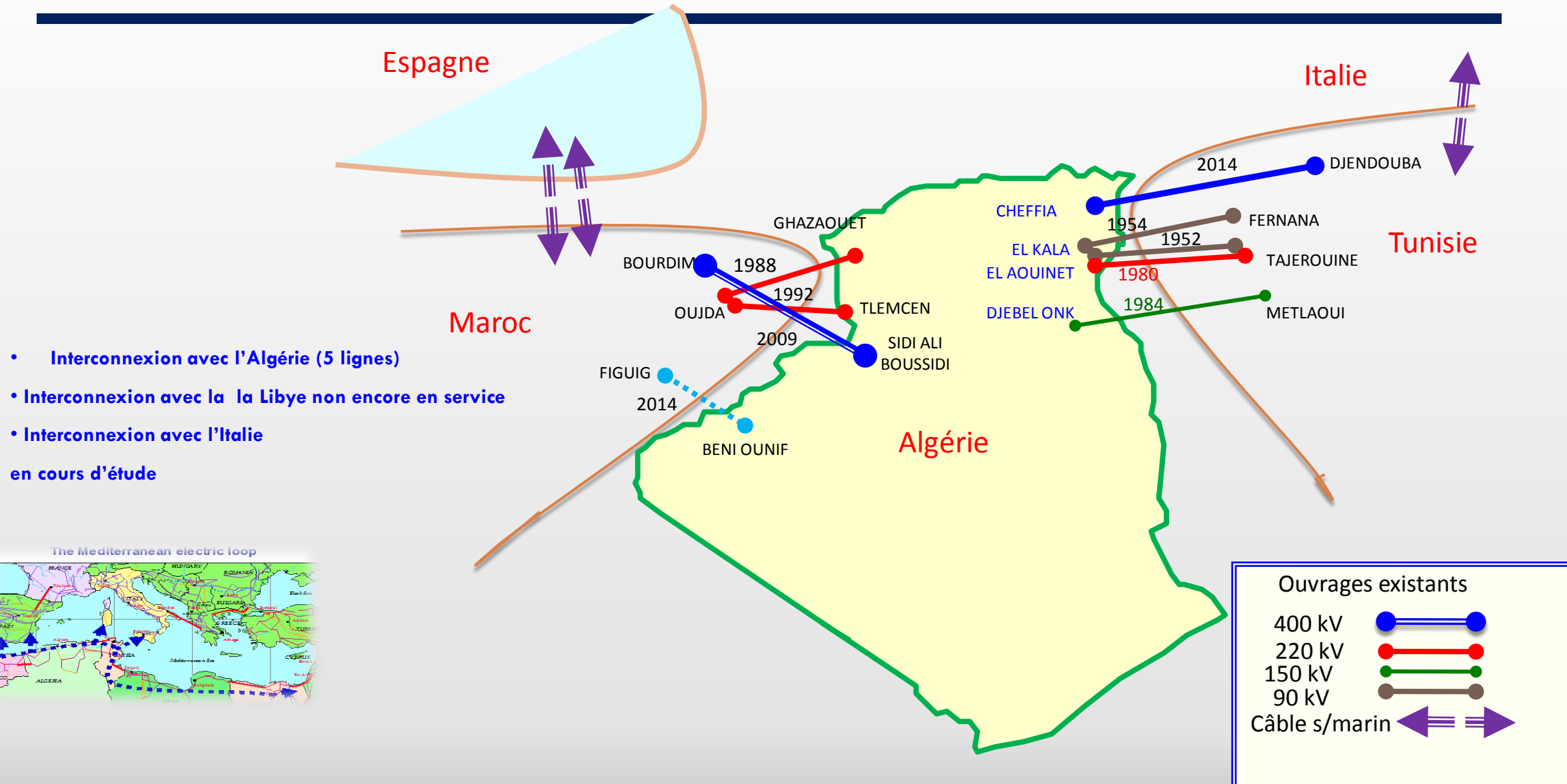


## MIX ELECTRIQUE 2016



**5224 MW PUISSANCE INSTALLÉE, POINTE 4000 MW**

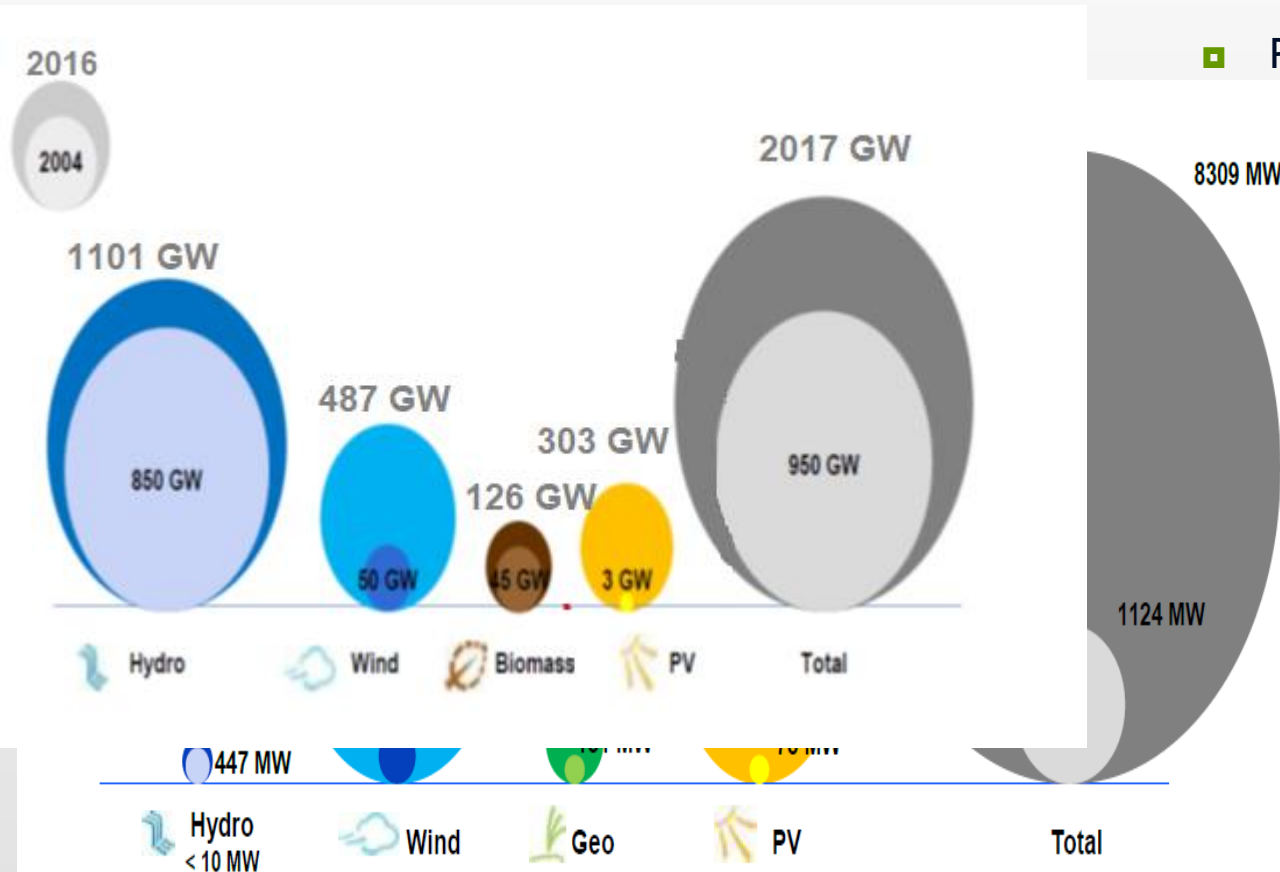
# Contexte régionale



Interconnexion	Liaison	Tension (kV)	Capacité de Transit (MW)
Espagne-Maroc	Puerto de la Cruz-Melloussa	400	2x700
Maroc-Algérie	Oujda-Ghazouat	220	250
	Oujda-Tlemcen	220	250
	Bourdim- Sidi Ali Boussidi 1 et 2	400	2x1 200
Algérie-Tunisie	Chefia-Jendouba	400	1 200
	El Aouinet-Tajerouine	220	240
	Dj.Onk- Metlaoui	150	160
	El Kalaa- Fernana	90	80
	El Aouinet - Tajerouine	90	80
Tunisie-Libye (non-opérationnelle)	Medenine-Aboukemmach 1 et 2	220	2x267
	Tataouine-Rowis	220	267

*Echanges limitées*

## Puissance installée en Afrique



## Faits saillants 2016

■ Puissance éolienne installée 51 GW

installée 71 GW

issance provient du PV et de l'éolien

4% de la puissance EnR installée

la filière a dépassé

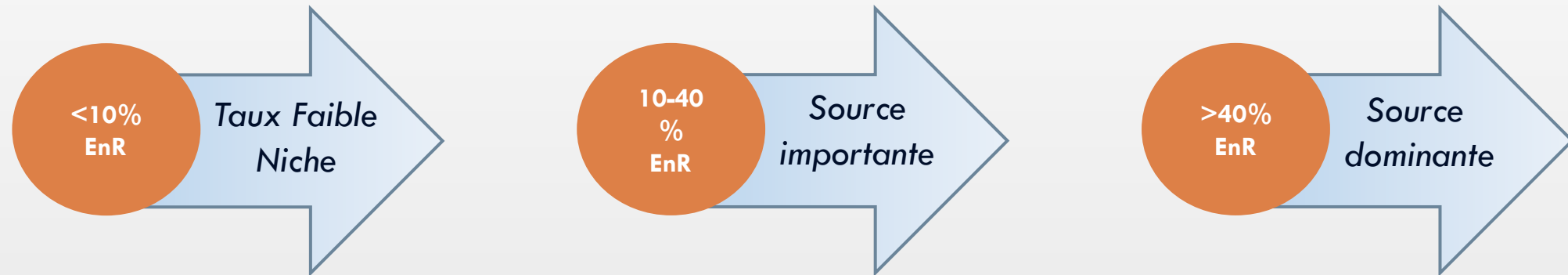
toutes les attentes

mécanismes d'appui

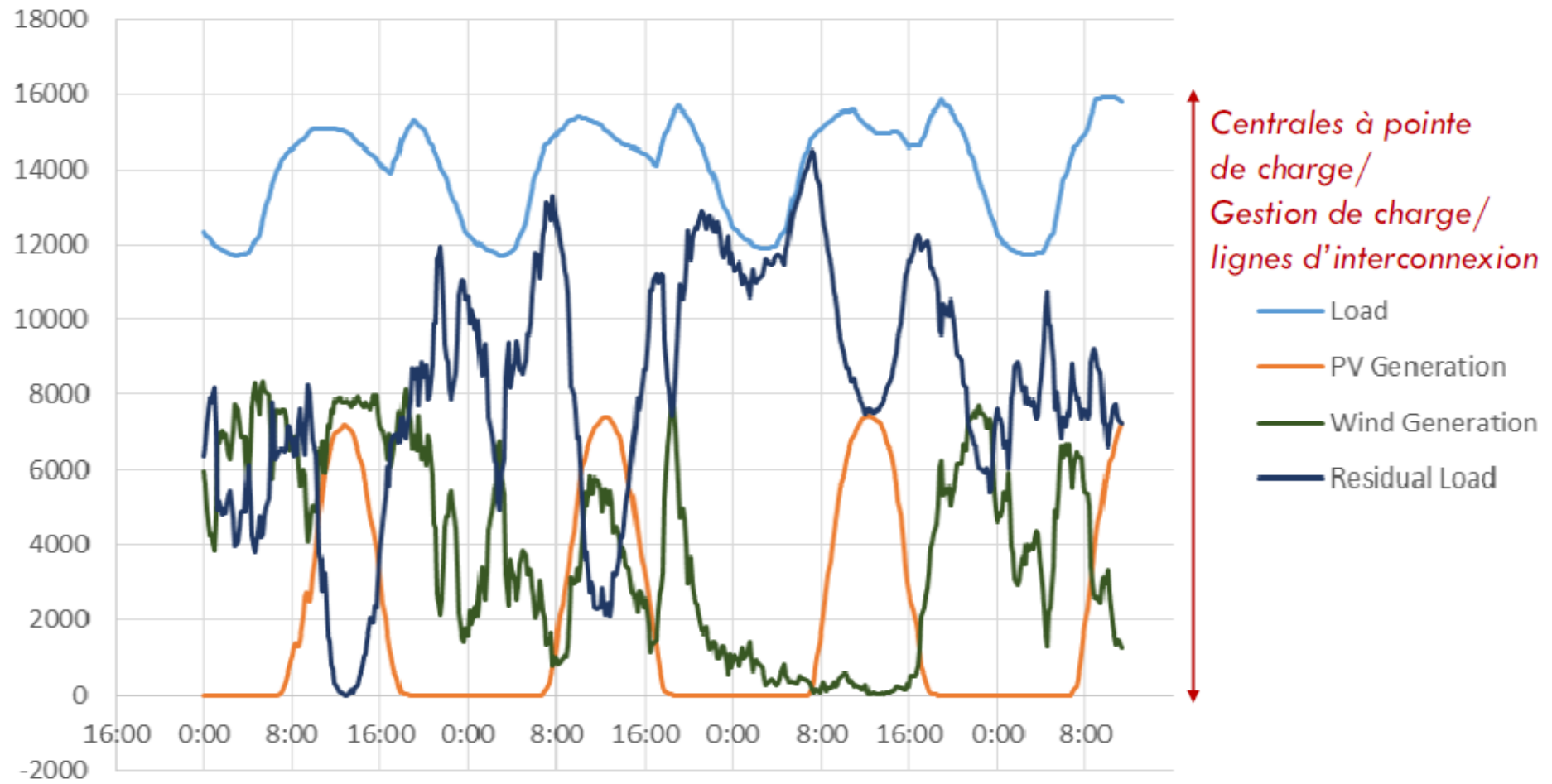
s.

Mainly composed by (MW)		
South A.	1744	
South A.	1473	
Kenya	1091	
Morocco	798	
Morocco	205	
Ethiopia	324	
Algeria	250	
Tunisia	245	
Other	2179	

- Les EnR sont passées d'une niche à une source dominante



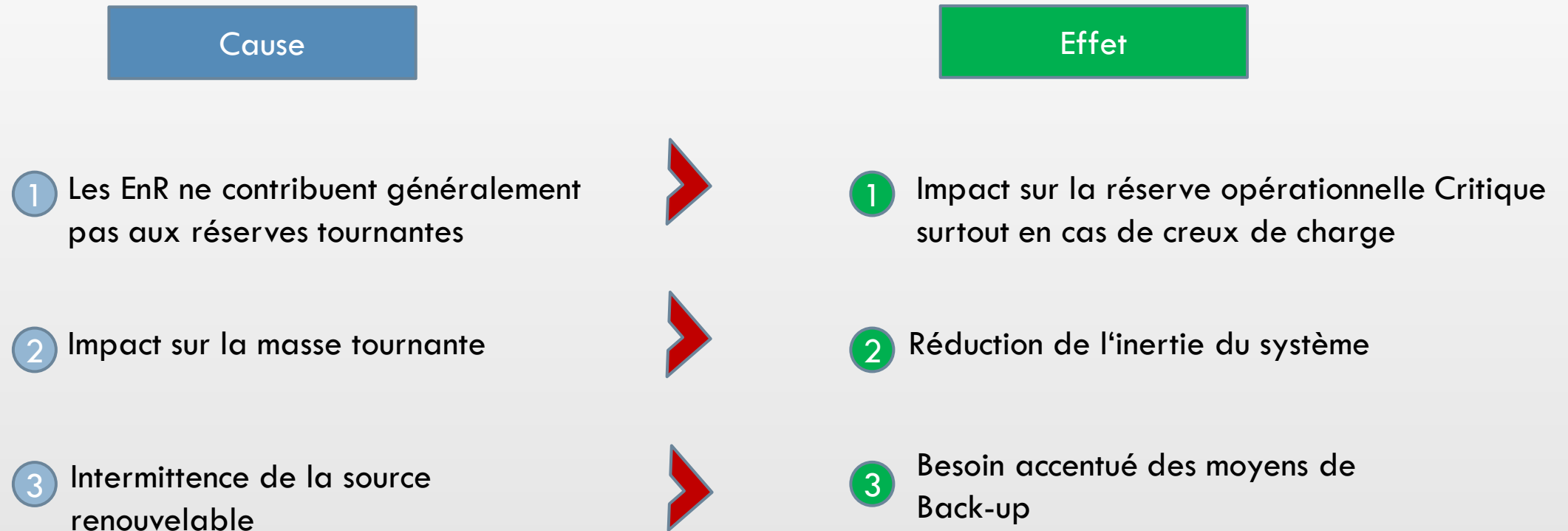
- L'augmentation du taux de pénétration des EnR impose des nouvelles exigences et apporte des nouveaux défis



Système avec faible taux de pénétration des énergies renouvelables  
Système avec haut taux de pénétration des énergies renouvelables

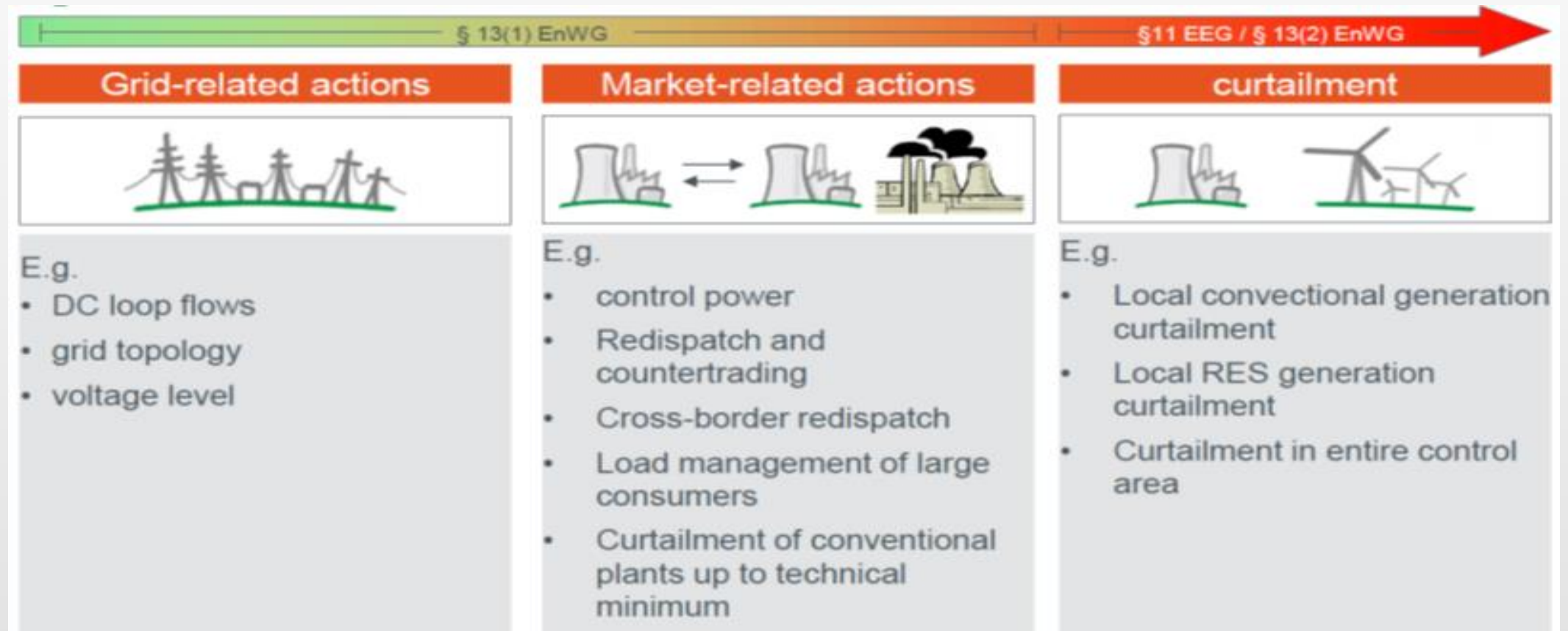


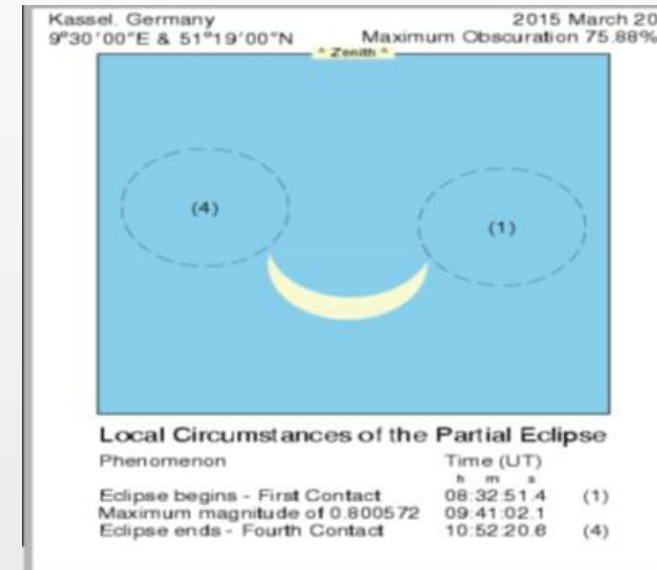
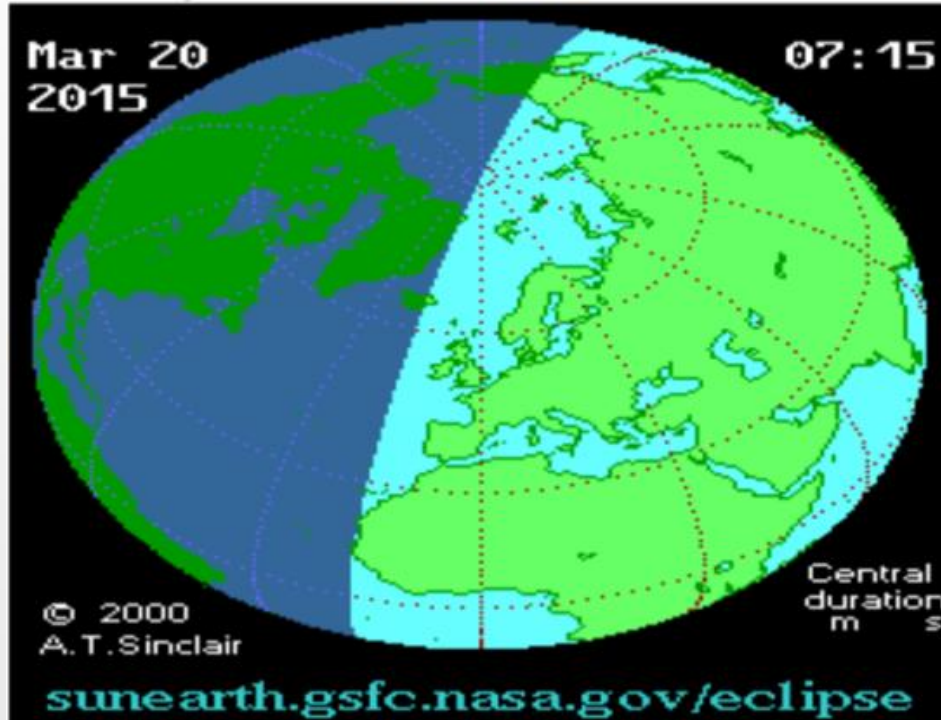
La gestion du système devient plus complexe avec le développement rapide des énergies renouvelables



Nécessité de Migrer vers un système plus flexible

## Aperçu des mesures de gestion des contraintes



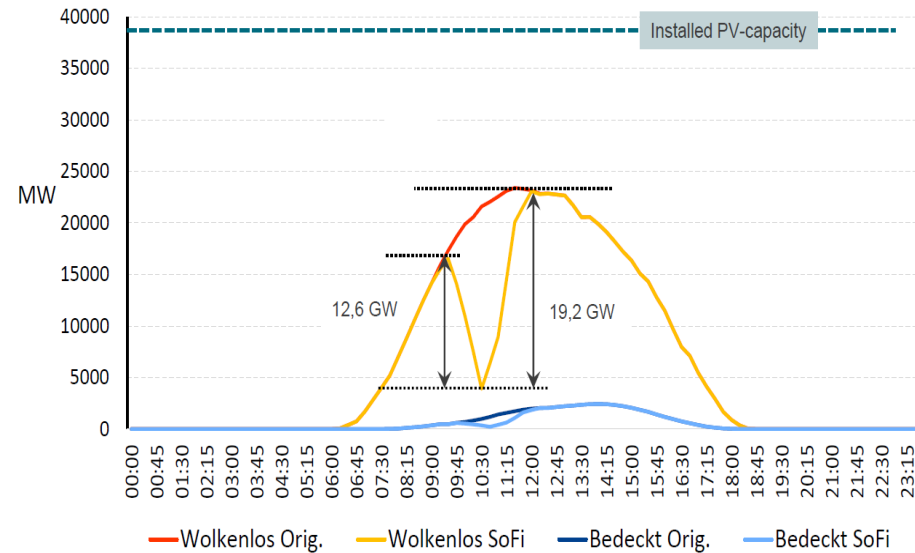


Eclipse solaire du 20 Mars 2015

Capacité installée en Europe:

91 GW PV dont 40 GW en Allemagne

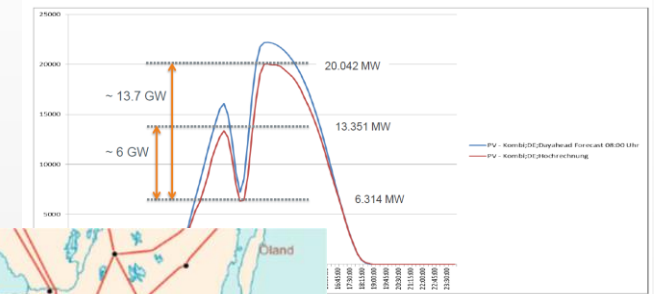
# Gestion de l'incident



prévision

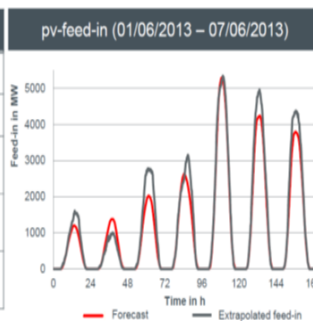
Réseau/interconnexions

Flexibilité/réserve

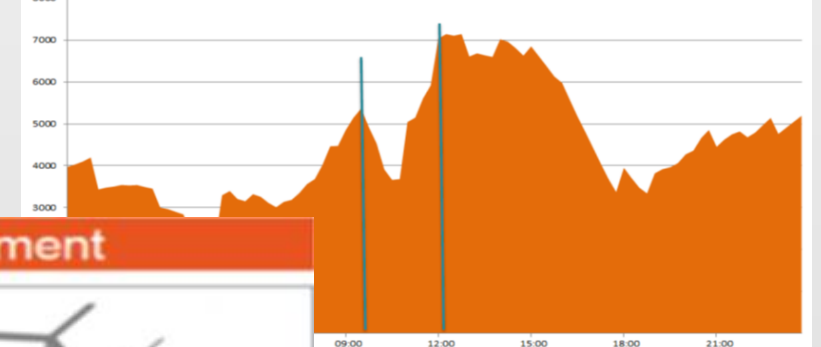
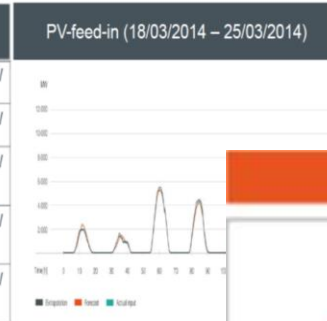


Caractérisation au préalable  
de la charge résiduelle

Data feed-in of pv at 50Hertz (2013)	
Maximum feed-in	5.346 MW
Minimal feed-in	0 MW
Biggest increase within ¼ hour	+1.594 MW
Biggest decrease within ¼ hour	-752 MW
Biggest difference between Min and Max within one day	5.346 MW



Data feed-in of PV at 50Hertz (2014)	
Maximum feed-in	5,540 MW
Minimal feed-in	0 MW
Biggest increase within ¼ hour	+957 MW
Biggest decrease within ¼ hour	-1,073 MW
Biggest difference between Min and Max within one day	5,540 MW



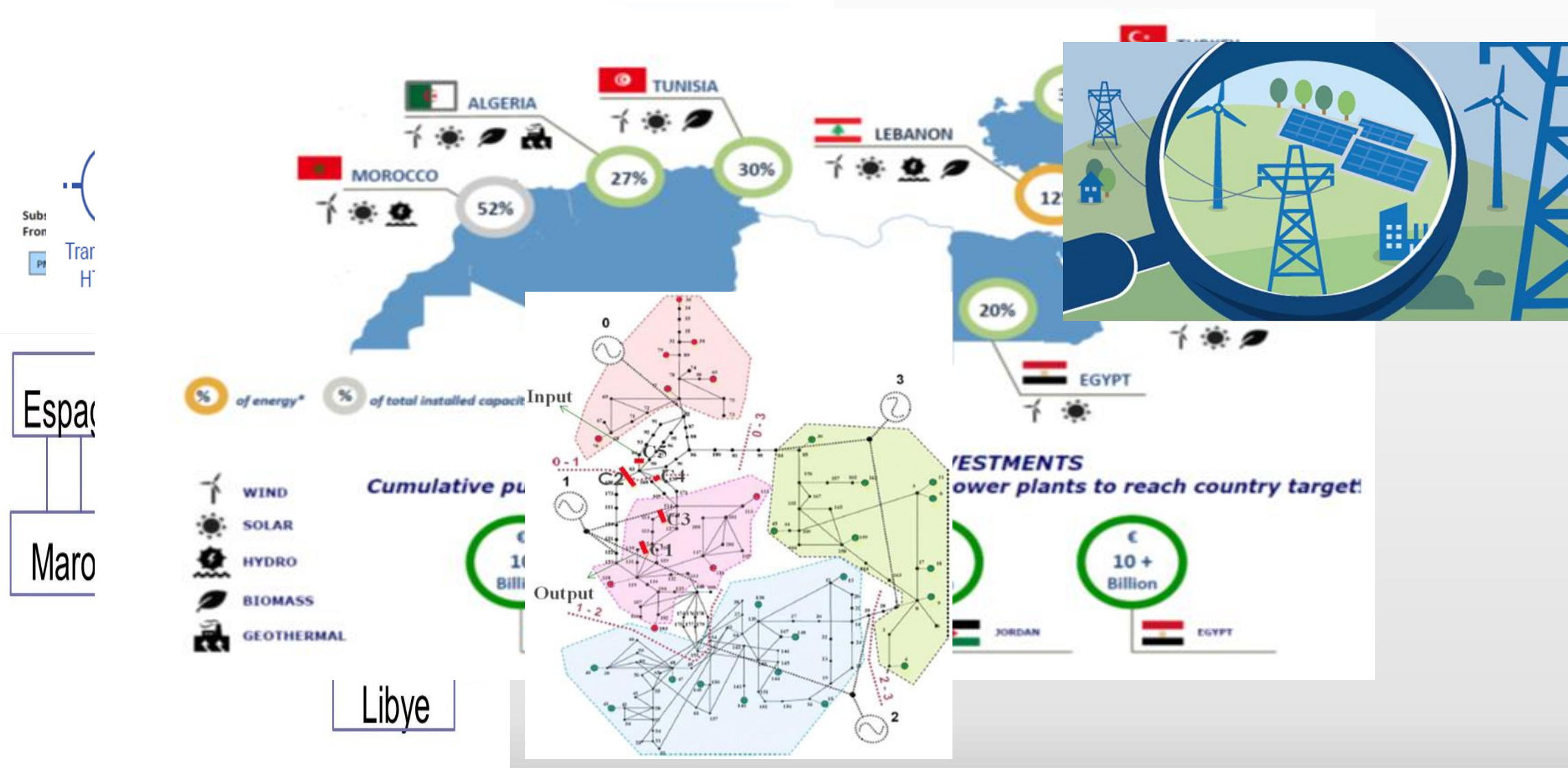
curtailment



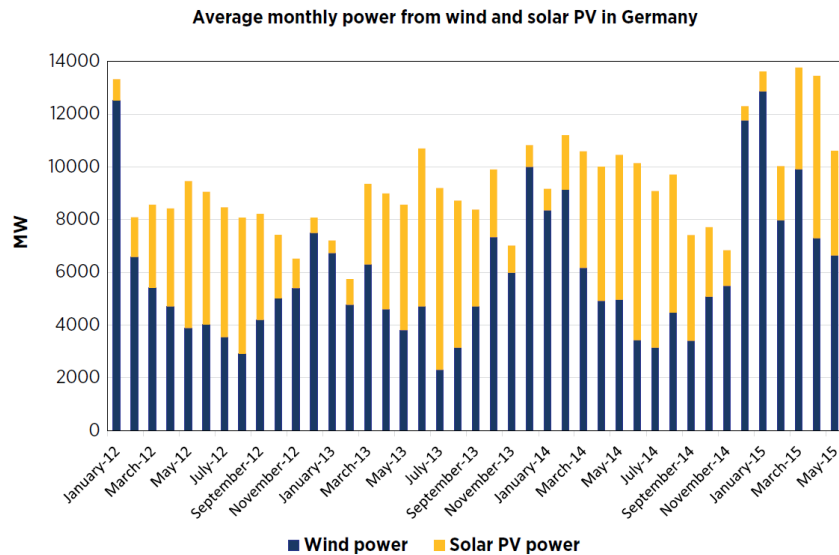
- Planification:
  - Méthodologie de planification à moyen et à long terme
  - Capacité d'accueil nationale/locale-régionale
  - Spécifications techniques des futures centrales
- Réseau
  - Renforcement réseau
  - Développement des interconnexions
- Exploitation:
  - Systèmes de prévisions
  - Réserves tournantes suffisantes
  - Flexibilité
  - Dispatchabilité du renouvelable, Monitoring.
- Cadre réglementaire
  - Est que le cadre en place est suffisant?
  - Faut il avoir d'autres acteurs?



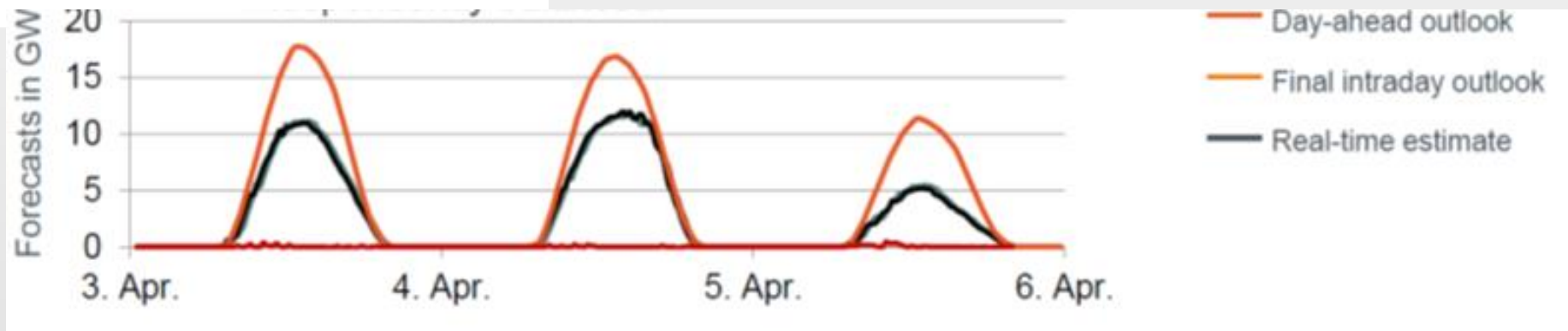
# Gestion des surcharges réseaux



# Prévision de la charge



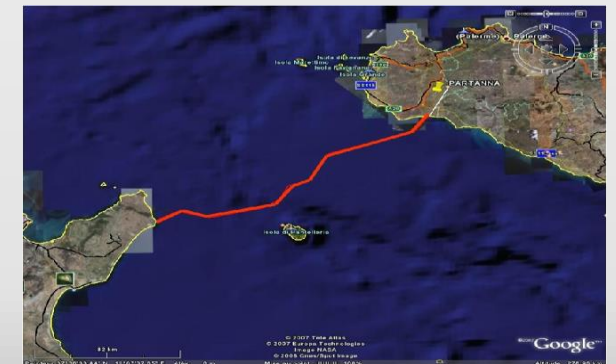
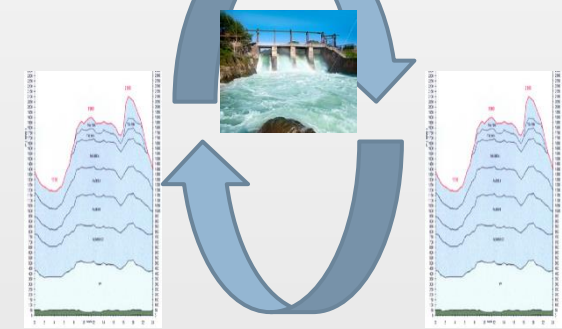
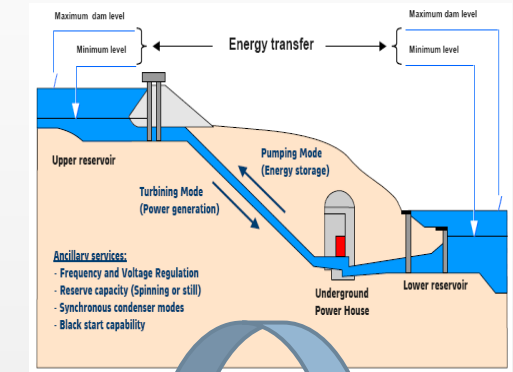
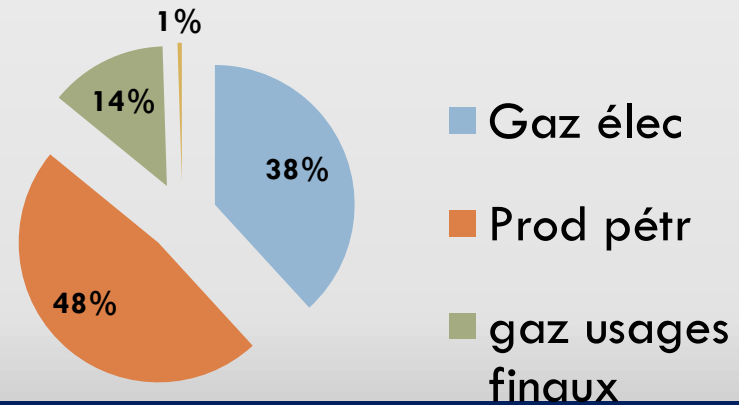
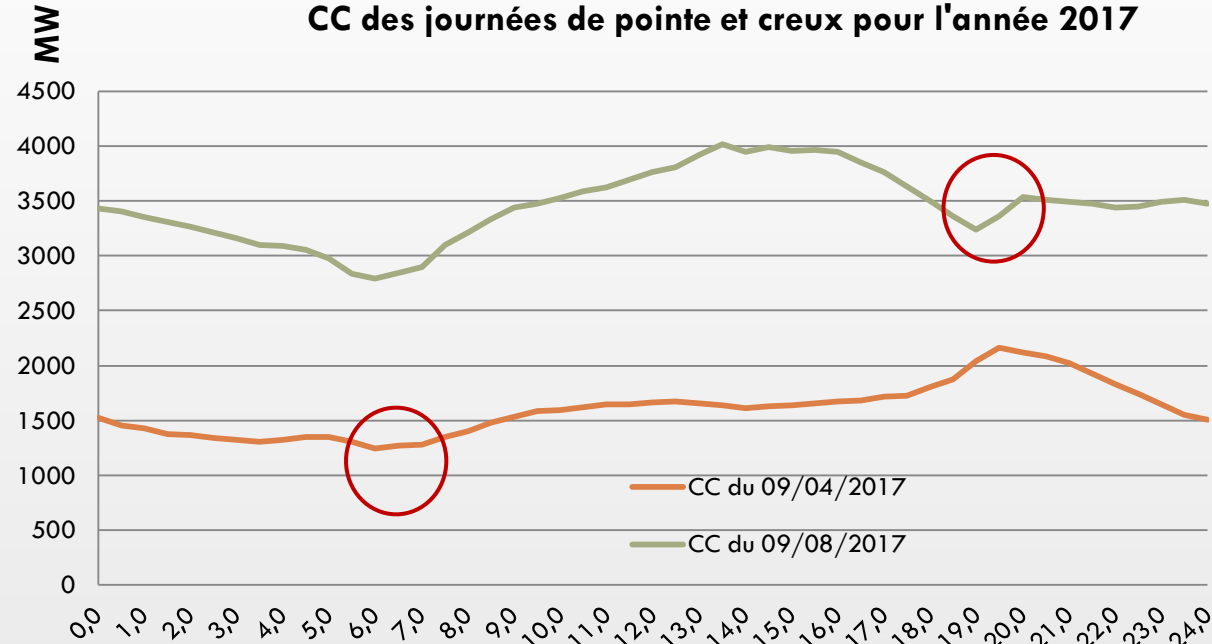
- Exigences Grid Code
- Dispatching EnR
- Monitoring PV



Des prévisions incorrectes peuvent mettre en péril la sécurité du système

# Exploitation

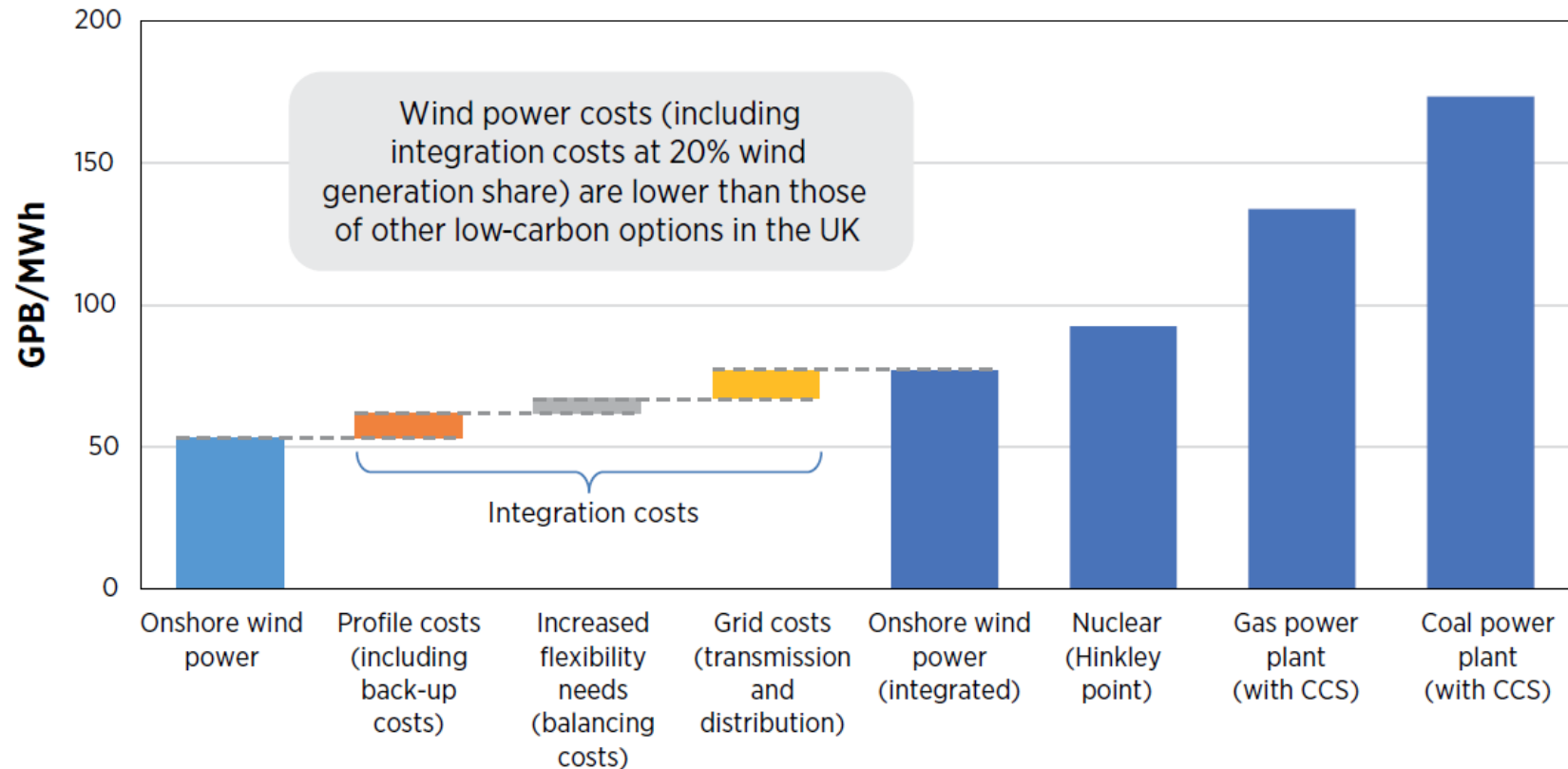
CC des journées de pointe et creux pour l'année 2017





# Coûts d'intégration

**Comparison of levelised costs of electricity (LCOE) of wind power and other low carbon generation technologies in the UK**



## Autres technologies

Ex 0%-5%  
(EUR 0-75/kW)

pour un taux de 20%-

sont liées à la réduction  
es.  
ration 30%-40%  
énétration

Source IRENA, 2013-Hirth et Al 2015  
\*Source : Date for onshore wind power, UK Department of Energy of Energy and Climate (DECC)

- la recherche d'une solution ne doit commencer que lorsque les termes et les enjeux du problème sont bien définis.
- Il s'agit toujours d'une optimisation technico-économique de la problématique d'intégration des EnR
- Une très bonne appréhension des défis d'intégration par le Gestionnaire du réseau
- Activités/Etudes
  - Capacité d'accueil nationale/régionale
  - Adaptation de la méthodologie de planification
  - Etudes de flexibilité du système
  - Standardisation des études STEG/Producteur

# Thank You

---



Moeller & Poeller Engineering GmbH (M.P.E.)

[info@moellerpoeller.de](mailto:info@moellerpoeller.de)

<http://www.moellerpoeller.de>